

建設省土木研究所 正 須賀亮三

○渋谷武治

1. まえがき

遊水池模型実験は、相似性の点で多くのむずかしい問題をもっているので今まで行なわれた例はなく、多くは計算により遊水池の効果について確かめられてきた。しかし、遊水池の現象のように、不定流の要素や三次元性の強い現象は、計算のみでは確かできない部分も多々あり、これからは模型実験で確かめることがより必要とされるようになってこよう。

ここでは、筆者らが実際に北上川一ノ関遊水池模型実験を行な、てゆく上で遭遇した問題について述べ、その考察を若干行な、て得た結果を述べて批判をあおぎたいと思う。

2. 実験概要

実験に便した模型は、北上川一ノ関地区の遊水池部分とその下流の狭サク部、河道距離にして約 20km 区間を、水平 $1/100$ 鉛直 $1/20$ 歪度 5 の縮尺で作られている固定床模型である。実験は上流から流量ハイドロを与え、狭サク部下流端で水位浸形を与えて行なっている。水位の測定はポイントゲージを用いて計測する。

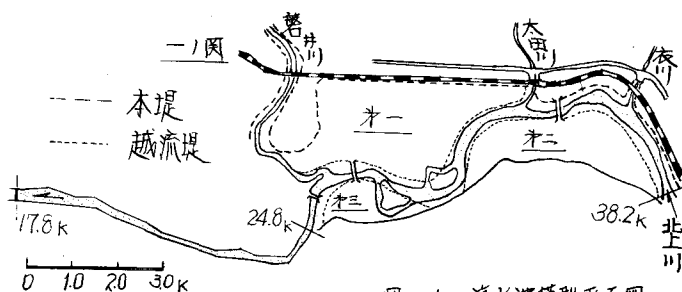


図-1 遊水池模型平面図

3. 流れの相似性について

流れの相似は、流体の運動方程式と連続式が一定の条件のもとに同一であればよい。一般に開水路では、フルード数およびレイノルズ数が同一であることが望まれるが、この条件を満足させることは不可能である。そこで実際はどちらか一方を無視して実験を行なうが、河道および遊水池を平面的にみた場合の流れは、フルード数を同一にしておけば相似となっていることがわかる。しかし、三次元的渦あるいは越流堤の critical depth 付近の流れの相似、さらに遊水池内の貯水時に所々で発生する射流現象の相似は、歪模型であることも考えると若干の誤差は認められ得ないと思われる。

次に、貯留量の相似に関係のある連続式について考えてみると、これもフルードの相似で成り立ち得ることがわかる。なお、連続式中越流量の相似については後に詳述する。

以上のことより、遊水池の歪模型実験においては、平面的にみると相似はフルードの相似でいえることがわかった。しかし、三次元的渦、越流堤付近の流れ、水門流出などの問題をまだ有している。そこで以下では、遊水池実験に大きく関係のある後二者について考えてみる。

4. 越流堤付近の流れについて

越流堤をもうけ越流量を対象とする実験を行なう場合重要なことは、越流係数を等しくすることである。堤の大小にかかわらず、堤形が同じ場合（縦横のスケールが同じ場合）にはその越流係数は等しいことがわかっている。しかし、模型を歪めることにより堤構造が異なってくると、越流係数はまったく異なる値を示すようになる。図-2の破線と実線がその関係をよく表わしている。つまり、現地越流堤に対し水平・鉛直いずれも $1/50$ に

縮尺した堤の越流係数は図-2の破線のようなになるが、水平 $1/50$ 鉛直 $1/10$ に縮尺した歪度5の堤の越流係数は同図実線のようなになる。この相異が生じた理由としては、越流水深の縮尺が模型の鉛直縮尺に一致しないためであると考えられる。つまり堤構造が鋭くなるほど小さい越流水深で多くの流量が流れ、越流係数が大きくなる。

したがって、越流係数を一致させるためには越流水深の相似が成り立つようにすることが必要である。その対策としては次の二つが考えられた。その一つは逆水池模型のうち越流堤のみ歪めないでつくる。二つは歪堤表面に何らかの処理をほどこしてやる。一は逆水池のVolumeを減ずると考えられ取りいれず、二の方法を考えた。

そこで、堤頂に図-4に示すような処理をほどこした結果、図-3に示す越流係数を得た。図-4に示す処理は、網目25mmのクリンア金網に堤頂より25mmはなれた点から上に平織金網を合わせたものである。堤頂から少しの区間金網を少なくしたのは、越流水深の小さい付近では、摩擦あるいは粘性の影響がより大きく効いていると考えたためである。

図-3の値はかなりばらついているが、図-2と比較すれば越流係数の相似はかなりよくなっている。

5. 水門付近の流れについて

次に、逆水池内の水の排水時間が問題とされる場合には、水門の流出係数の相似が問題となる。水門の流出係数は水門開度を Full Open とすると、上下流の水位差により決まってくる。この相似も越流堤の相似と同じように考えればフルードの相似でゆける。ただし、歪模型であるため水門付近での縮流により生ずる渦や水面勾配の異なることの影響などが相似とならないおそれがある。

6. 計算結果との比較

今回の計画の検討は、模型実験で行なわれると先に計算によっても貯留効果についての検討を行なった。計算は普通に行なわれている一次元的な不定流計算に越流機構のプログラムを加えたもので、上流から $Q \sim x$ を、下流端で $H \sim Q$ を与えている。計算上の問題点は、下流端の $H \sim Q$ 一本の曲線を与えている(実際の $H \sim Q$ はループを描く)。越流堤高付近の水位で不安定をおこしやすい。などが考えられる。実験でも逆水池下流端の $H \sim Q$ は問題である。

一般に、河川関係の計算や実験においては、上流より Q を与え下流で H を与えている。しかし、逆水池が対象とされる場合、逆水池下流端の $H \sim Q$ を求めるとも一つの目的とされる。だが、何らかの形で下流端水位を与えないと実験も計算も成り立たない。

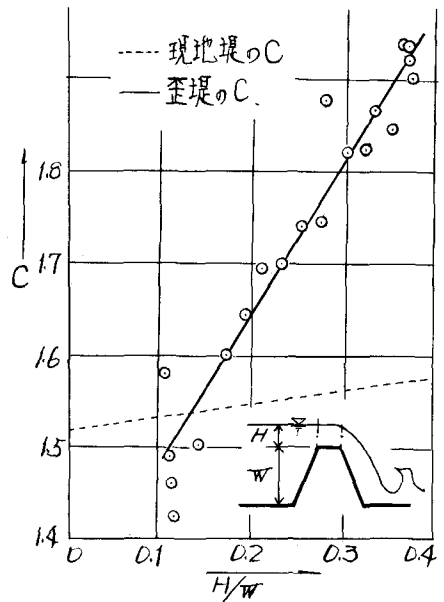


図-2 越流係数の相似

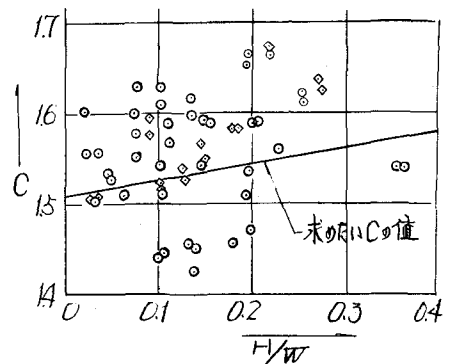


図-3 堤処理後の越流係数

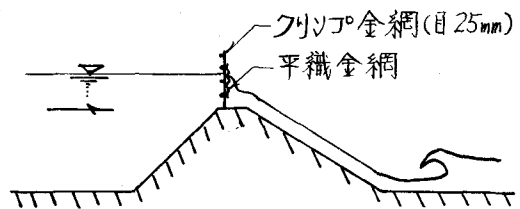


図-4 堤表面処理

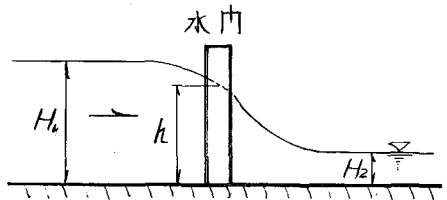


図-5 水門付近の流れ

遊水池下流端の水位をなるべく自然な状態で与える方法としては、遊水池より下流の河道をのぼすことが考えられる。極限すれば、河口までのばし潮位波形を与えることが最良の方法であるが、そのように長い模型とすることは経済的・実験的に難がある。そこで筆者らは、遊水池下流端より約70m区間(この区間は現地では両側から山がせまり谷のようになっている)を補足し、この地点で水位の調節を行なつた。水位調節の方法としては、遊水池下流端(A)と模型下流端(B)の同時刻における水位相関を既応洪水より求め、A地点の水位変動からB地点の水位を操作する方法とした。この方法により、遊水池下流端のH~Qはかなり自然な形で与えられたものと考えられる。なお、B地点での水位操作/cmに対する影響はA地点で1mmである。

このような問題点をふまえ、図-6・7の計算・実験結果の比較図をみると、計算が越流機構の単純化・堤内地の流れの単純化のもとに行なわれているのにもかかわらずかなりのよい一致性を示しているのがわかる。減水期の水位の相似が悪いのは下流端H~Qの設定に問題のあることを示していると思われる。この点について、さらに詳細な検討が必要であることがわかる。

この比較結果から、計算でもかなりのDataが得られることがわかるが、対象が三次元性の強い現象であることと長大な計算時間を費用を考えると、模型実験の方が現象的にも経済的にもすぐれていると思う。

7. あとがき

遊水池の実験はまだまだ緒についたばかりでかなり興味ある問題をものこしている。特に、下流端のH~Qをどうするかといふ問題は実験結果を左右することでもあり、慎重に検討する必要がある。その他には、はじめのうち流れと貯留に2つの系を必要とするかと思われたが、一つの系でやることがわかった。また、堤内地の形(道路・水路)が粗度係数にあよぶ影響の見つちり、実験工の問題としては、粗度の相似に金網を使用したため、実験中翼物が付着し条件の変える心配もあり苦勞することとなった。金網を使用したのは、模型の歪度が大きく、碎石を使った調整では河積の減少かいてはF₀数の相似の成り立たなくなる心配があったためである。

その他、いろいろの問題を解決しながら現在実験を実行中である。

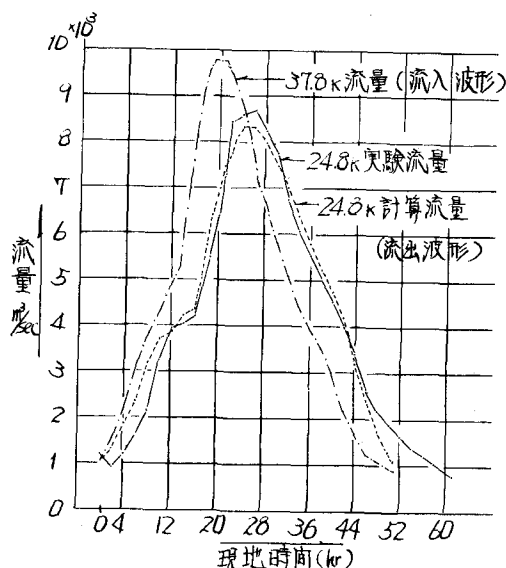


図-6 実験・計算流量比較

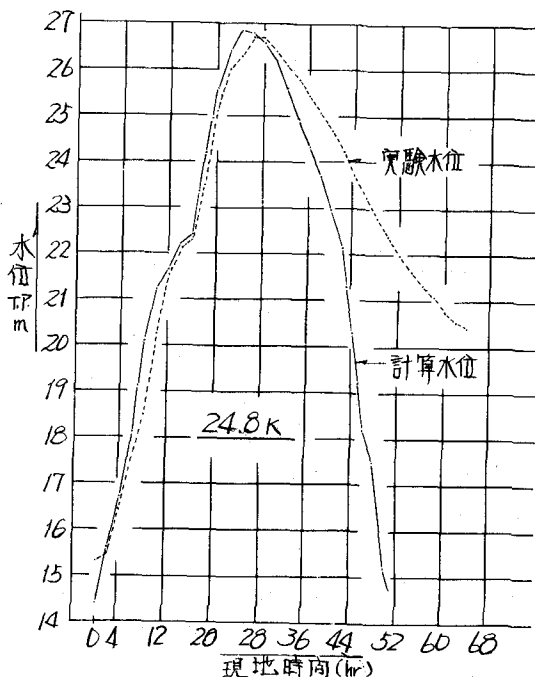


図-7 実験・計算水位比較